

## PROFIL MUKA AIR DI HULU *GROUNDSTALL* TIPE AMBANG LEBAR DAN OGEE

*Water Surface Profile in Upstream of Groundsill with Type of Broad-crested and Ogee*

Wahyu Widiyanto

Fakultas Sains dan Teknik Unsoed Purwokerto

### ABSTRACT

*A Groundsill is built with main purpose to control river bed. When groundsill is placed in a river there will cause water surface raises and creates backwater in upstream of the groundsill. It influences elevation of flood and inundation. The backwater will inundate riverbank or structures along backwater distance, and drainage become difficultier as well as cause dangerous spill. Different type of groundsill will give different inundation impact. Therefore it needs to analyse water surface raises caused by different type of groundsill.*

*This study is aimed to analyse water surface profile in upstream of groundsill with two different type, i.e. broadcrested and ogee. Serang River data is used to analyse. HEC-RAS Version 4 Beta assist the calculation and analysis.*

*The calculation result shows that at the same height of sill, Ogee type give higher backwater level than broadcrested type. Nevertheless, the backwater distance is not different significantly.*

**Keywords :** *water surface profile, groundsill, broad-crested, Ogee*

### PENDAHULUAN

*Groundsill* atau ambang merupakan salah satu jenis bangunan air yang dibangun menyilang sungai untuk mengendalikan dasar sungai. Termasuk dalam usaha pengendalian dasar sungai ini adalah menjaga dasar sungai agar tidak turun berlebihan, mengembalikan dasar sungai pada elevasi sebelum degradasi, atau memperoleh kemiringan dasar sungai yang baru sesuai kemiringan rencana. Penurunan dasar sungai yang terlalu berlebihan antara lain disebabkan oleh berkurangnya pasokan sedimen dari sebelah hulu karena dibangunnya suatu bangunan sungai seperti bendungan, checkdam, krib, dam sabo, atau bangunan lain. Selain oleh bangunan di sebelah hulu, pasokan sedimen juga dapat terganggu oleh adanya penambangan pasir atau batu yang berlebihan dari sungai yang bersangkutan. Hal-hal tersebut di waktu banjir akan membahayakan atau menyebabkan kerusakan fasilitas-fasilitas yang terdapat di sungai seperti fondasi perkuatan lereng, talud, tanggul, intake irigasi, pilar-pilar jembatan dan bangunan-bangunan lain.

Pada suatu ruas sungai, elevasi dasarnya dipengaruhi oleh jumlah sedimen yang datang dan meninggalkan ruas yang ditinjau. Apabila sedimen yang datang lebih

banyak daripada yang meninggalkan maka akan terjadi pengendapan (deposisi) dan dasar sungai akan naik (agradasi). Sebaliknya jika jumlah sedimen yang datang lebih sedikit dibandingkan yang meninggalkan maka akan terjadi erosi dan dasar sungai akan turun (degradasi). Kondisi seimbang akan tercapai bila banyaknya sedimen yang masuk sama dengan yang keluar.

Agradasi dan degradasi merupakan peristiwa yang wajar dialami oleh suatu sungai. Hanya saja apabila terjadi secara berlebihan akan mengganggu manfaat suatu sungai. Sebagai sebuah contoh adalah Sungai Progo. Material dasar Sungai Progo bukan merupakan lapisan tanah keras, tetapi terdiri dari pasir yang mudah bergerak bila terkena arus. Beberapa bagian dari sungai tersebut memiliki kondisi dasar yang mengalami penurunan (degradasi).

Penurunan dasar sungai Progo secara drastis telah mengakibatkan tidak berfungsinya bangunan pengambilan (intake) Bendung Sapon. Selain itu juga menyebabkan pilar fondasi jembatan Srandakan turun dan struktur di atasnya pun mengikuti turun sehingga lalu lintas terganggu (Bernas, 2007).

Untuk mengatasi masalah yang menyangkut hajat hidup orang banyak tersebut maka dibuat *groundsill* yang dibangun di

Sungai Progo tepatnya berada 300 meter ke arah hilir jembatan Srandakan. *Groundsill* tersebut berupa bendung beton bertulang yang membentang dari sisi kiri hingga kanan sepanjang 300 meter. Karena jarak bentang cukup panjang, *groundsill* dibagi menjadi 20 bagian, masing-masing sepanjang 15 meter. Sedangkan elevasi puncak *groundsill* dibangun setinggi (sejajar) poer pondasi jembatan Srandakan, yaitu 0,5 meter di atas dasar sungai serta bagian yang tertanam 5,5 meter. Bangunan ini juga diperkuat dengan pondasi turap (beton bertulang).

Penyebab terjadinya penurunan dasar sungai Progo adalah akibat penambangan pasir yang berlebihan. Selain itu juga akibat berkurangnya pasokan pasir dari daerah hulu karena terdapat chekdam atau penangkap pasir di hulu.

Pembangunan *groundsill* dengan fungsi khusus dilakukan oleh P.T. Freeport Indonesia. Perusahaan pertambangan yang berlokasi di Pulau Irian tersebut melalui Departemen *Tailings & River Management Project* (TRMP) merancang sistem *groundsill* untuk meningkatkan proses pengendapan *tailing* atau Pasir Sisa Tambang (SIRSAT) di *Modified Ajkwa Deposition Area* (ModADA) yang merupakan areal pengendapan yang terletak di kawasan dataran rendah dan pantai. Dengan adanya *groundsill* tersebut menyebabkan kekeruhan aliran sungai *tailing* atau pasir sisa tambang sangat berkurang sehingga memungkinkan berbagai macam ikan air tawar dapat hidup dan berkeliraran sehingga mengundang datangnya burung-burung untuk memburu ikan-ikan di kejernihan aliran sungai *tailings* tersebut. Kemajuan aspek lingkungan ini telah dialami setelah adanya bangunan *groundsill*.

Struktur *groundsill* di wilayah pertambangan ini terbuat dari rangkaian bronjong (*gabion groundsill*) sepanjang 1,9 km yang membentang dari Tanggul Barat ke Tanggul Timur kolam pengendapan *tailing*, yang diisi dengan batuan yang telah disaring dengan ukuran tertentu (P.T. Freeport Indonesia, 2008).

Apabila sebuah *groundsill* dibangun pada suatu sungai, maka air di bagian hulunya akan naik dan menyebabkan terjadinya aliran balik (*backwater*). Hal ini bisa berdampak pada kenaikan muka air banjir,

Aliran balik yang terjadi akan menggenangi dataran atau bangunan yang tercakup dalam jarak aliran balik sehingga kondisi drainasenya menjadi lebih rumit. Pada saat banjir dapat terjadi luapan yang berbahaya bagi daerah sekitarnya.

Kajian ini mengulas kenaikan muka air yang terjadi akibat adanya *groundsill*. Dalam hal ini akan dibahas dua tipe *groundsill* dan pengaruhnya terhadap profil muka air di hulunya. Dua tipe *groundsill* tersebut adalah tipe ambang lebar dan ambang Ogee. Hitungan dilakukan saat sungai dalam kondisi banjir.

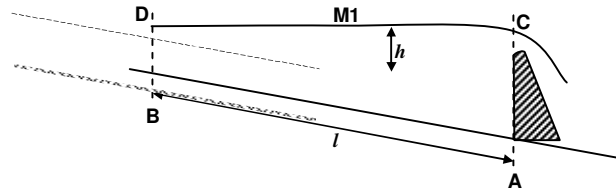
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hidraulika

Perubahan kedalaman aliran sepanjang saluran dapat disebabkan oleh satu atau lebih alasan-alasan berikut ini : (i) perubahan bentuk penampang, (ii) perubahan debit sepanjang saluran, (iii) adanya penampang kontrol, dan (iv) perubahan kemiringan dasar sepanjang saluran (Ranga Raju, 1986).

*Groundsill* termasuk salah satu bangunan yang dapat dikelompokkan ke dalam jenis bangunan kontrol sehingga penampang dimana *groundsill* berada dapat disebut sebagai penampang kontrol. Akibat adanya bangunan *groundsill* maka kedalaman air akan berubah. Apabila ketinggian air di atas *groundsill* diketahui maka akan dapat dicari kedalaman air di bagian hulu pada titik-titik atau lokasi yang ditinjau. Hal ini perlu dikaji untuk mengetahui genangan yang timbul akibat adanya *groundsill*.

Bila sungai memiliki kemiringan subkritis maka aliran mula-mula bersifat subkritis. Dengan adanya *groundsill*, permukaan air yang terbendung naik dengan jarak yang panjang ke hulu dan disebut lengkung air balik (*backwater curve*). Penambahan air ini diperlukan untuk membentuk tekanan yang cukup agar kecepatan bertambah dan dapat mendorong air melampaui *groundsill*. Akibat pembendungan air di belakang *groundsill* ini disebut akibat air balik (*backwater effect*). Pada bagian hilir lengkung air balik berubah menjadi lengkung penurunan muka air yang melandai, menyerupai air yang melewati pelimpah.



**Gambar 1.** Profil muka air M1

Garis AB adalah jarak aliran balik dan kurva CD adalah kurva aliran balik. Profil muka air yang terbentuk di hulu suatu bangunan yang menyilang sungai adalah profil M1 atau disebut garis pembendungan dan termasuk dalam jenis aliran berubah lambat laun (*gradually varied flow*).

Perhitungan profil aliran berubah lambat laun pada dasarnya meliputi penyelesaian persamaan dinamis dari aliran berubah lambat laun. Sasaran utama dari perhitungan ini ialah menentukan bentuk profil aliran. Bila digolongkan secara umum, ada tiga metode perhitungan, yakni metode integrasi grafis, metode integrasi langsung dan metode pentahapan.

Untuk saluran alam pada umumnya, jika aliran pada taraf air normal maka profil aliran pada bagian saluran yang pendek akan menyerupai aliran seragam, tetapi sedikit berubah akibat ketidakaturan setempat dari saluran. Untuk aliran berubah lambat laun, dapat dilakukan penyelesaian secara perkiraan dengan metode integrasi langsung atau metode tahapan langsung, dianggap bahwa saluran prisma memiliki sifat-sifat geometris dan hidrolik yang sama dengan saluran alam. Namun untuk penyelesaian dalam praktek yang teliti disarankan metode tahapan standar (Chow, 1992).

Dalam perhitungan profil aliran, hal-hal sebagai berikut ini umumnya diperlukan : (1) debit di mana profil alirannya dikehendaki; (2) ketinggian muka air di penampang kontrol; (3) unsur-unsur geometris pada berbagai penampang di sepanjang saluran untuk setiap kedalaman aliran; (4) kekasaran saluran dan kehilangan energi akibat pusaran pada berbagai penampang.

Suatu aliran berubah lambat laun dalam saluran dapat ditentukan profil muka airnya dengan rumus pokok sebagai berikut:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{I_0 - I_f}{1 - \frac{Q^2 T}{g A^3}} \dots \dots \dots (1)$$

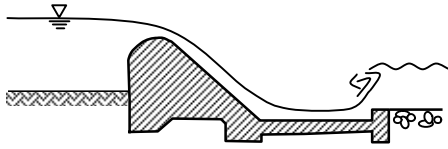
Dengan  $y$  : tinggi muka air atau kedalaman aliran;  $x$  : jarak horisontal;  $I_0$  : kemiringan dasar saluran;  $I_f$  : kemiringan energi;  $Q$  : debit aliran;  $T$  : lebar saluran;  $A$  : luas tampang saluran dan  $g$  : percepatan gravitasi.

Kedalaman aliran di sepanjang saluran dapat dihitung dengan menyelesaikan persamaan diferensial untuk aliran beraturan (Persamaan 1). Hitungan biasanya dimulai dari suatu tampang di mana hubungan antara elevasi muka air (kedalaman) dan debit diketahui. Tampang tersebut dikenal sebagai tampang (titik) kontrol.

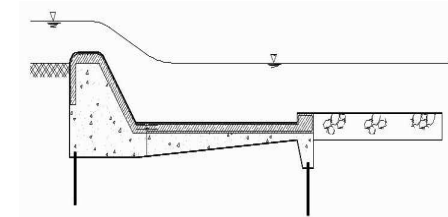
### **Groundsill**

Secara umum, terdapat 2 tipe *groundsill* yaitu ambang datar dan ambang pelimpah. Ambang datar hampir tidak mempunyai terjunan atau terjunannya rendah dan elevasi mercunya hampir sama / sedikit di atas permukaan dasar sungai dan berfungsi untuk menjaga agar permukaan dasar sungai tidak turun lagi. Sedang ambang pelimpah mempunyai terjunan sehingga elevasi permukaan dasar sungai di sebelah hulu *groundsill* lebih tinggi dari elevasi permukaan dasar sungai di sebelah hilirnya dan tujuannya adalah untuk lebih melandaikan kemiringan dasar sungai (Sosrodarsono, 1984). Ogee termasuk jenis ambang pelimpah. *Groundsill* terdiri atas : badan *groundsill*, lantai hilir, pelindung dasar sungai, dinding penahan tanah, dan tanggul. Konstruksi umum

bangunan *groundsill* dapat dilihat pada Gambar 2 (mercu ogee) dan Gambar 3 (mercu ambang lebar / *broad crested weir*).



**Gambar 2.** Bentuk *groundsill* dengan mercu ogee



**Gambar 3.** Bentuk *groundsill* dengan mercu datar

Di samping Ogee dikenal pula bentuk ambang pelimpah yang lain seperti ambang bulat, USBR, Saf, dan sebagainya. Dalam kajian ini bentuk mercu *groundsill* yang ditinjau adalah tipe mercu ambang bulat dan ambang datar (*broad crested weir*). Persamaan debit limpasan diatas mercu ambang bulat adalah sebagai berikut :

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} g b h^{1.5} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan h : tinggi air di atas mercu; Q : debit limpasan diatas mercu bendung (m<sup>3</sup>/det); C<sub>d</sub> = koefisien debit; g = kecepatan gravitasi (9,8 m/det<sup>2</sup>); b = lebar mercu bendung (m).

Sedangkan persamaan debit limpasan di atas mercu ambang datar adalah :

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} C_d b h^{1.5} \dots\dots\dots(3)$$

dengan: C<sub>d</sub> : koefisien debit, diambil 0,578 untuk ambang lebar (Novak, et. al, 2001 dalam Puser Bumi, 2007); b: lebar mercu.

#### HEC – RAS Versi 4 Beta

Dalam analisis ini akan digunakan bantuan piranti lunak (*software*) komputer untuk menghitung profil muka air di hulu

*groundsill*. Piranti lunak yang dimaksud adalah HEC-RAS Versi 4 Beta, yang merupakan piranti lunak hasil pengembangan US Army Corps of Engineers. HEC-RAS (Hydraulic Engineering Center- River Analysis System) merupakan software 1-D, yang mempunyai kemampuan untuk melakukan analisis aliran satu dimensi, baik untuk aliran permanen maupun tidak permanen, baik pada saluran alami maupun buatan. HEC-RAS dapat juga digunakan, baik untuk analisis aliran sub kritis, superkritis maupun gabungan keduanya.

#### Data

Untuk analisis menggunakan HEC RAS diperlukan data masukan sesuai kasus yang ditinjau. Untuk analisis profil muka air akibat pembendungan data yang diperlukan setidaknya adalah data mengenai sistem pola sungai pada jaringan sistem sungai beserta anak sungainya, penampang melintang sungai, serta kondisi batas yang sesuai.

Data sebagai bahan hitungan dan analisis yang dibutuhkan untuk HEC-RAS diambil dari data Sungai Serang beserta anak-anak sungainya yaitu Sungai Carik Timur, Sungai Nagung dan Sungai Pening. Sungai Serang membelah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dan bermuara di Samudera Indonesia.

#### Langkah-langkah Analisis

Dalam kajian ini, dilakukan simulasi tentang analisis profil muka air di hulu *groundsill* dengan bantuan software HEC RAS versi 4 Beta, dimana analisisnya menggunakan analisis aliran *unsteady*, sehingga nantinya akan dapat diketahui profil muka air maksimum yang terjadi dengan kala ulang 25 tahun.

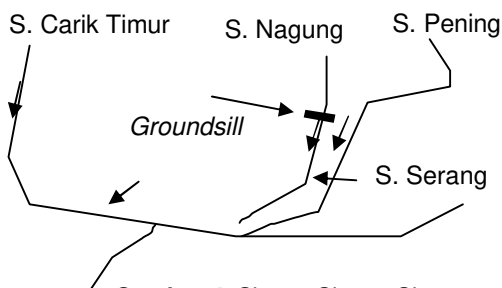
Selanjutnya dikerjakan langkah-langkah berikut ini yaitu : (1) penggambaran skema jaringan dan anak sungai serta sistem saluran yang ada; (2) interpretasi data penampang melintang dari sungai utama dan anak sungai beserta saluran yang ada; (3) penentuan data penampang melintang yang representatif sebagai input simulasi sistem sungai yang ada; (4) penggunaan data hidrologi sebagai kondisi batas bagian hulu; (5) penentuan gelombang pasang surut sebagai kondisi batas bagian hilir.

Kondisi batas yang dipakai adalah *flow hydrograf* di tiap hulu sungai (baik sungai utama maupun anak sungainya), serta *stage*

*hydrograf* pada bagian hilir sungai. Data masukan *flow hydrograf* diambil dari hidrograf banjir  $Q_{25th}$  hasil interpretasi banjir yang dibuat Sogreah (Sanidhya, 2004). Sedangkan stage hydrograf diambil dari grafik pasang surut *semi diurnal tide* yang diukur di Pelabuhan Ikan Sadeng Daerah Istimewa Yogyakarta.

Selain kondisi batas, di tiap titik awal simulasi juga harus dimasukkan kondisi awal yang berupa debit banjir pada saat  $t = 0$ .

Dua tipe *groundsill* yang akan dianalisis ditempatkan pada lokasi yang sekiranya membutuhkan bangunan *groundsill*. Dalam hal ini dipilih diletakkan di salah satu anak Sungai Serang yaitu Sungai Nagung (Gambar 4) tepatnya pada Stasioning 49 yang berjarak 2376 meter dari pertemuan dengan sungai utama (Sungai Serang). Peletakan *groundsill* pada lokasi ini hanya untuk keperluan simulasi dan kenyataannya tidak ada di lapangan. Gambar skema sungai yang lebih lengkap dan jelas dapat dilihat pada lampiran.



**Gambar 4.** Sketsa Skema Sistem Sungai Serang

Grafik profil muka air di hulu *groundsill* pada saat muka air maksimum dapat dilihat pada lampiran. Grafik tersebut merupakan hasil running dengan HEC-RAS. Elevasi dasar sungai dimana *groundsill* ditempatkan adalah 3,34. Ketinggian *groundsill* dipakai 2,5 m sehingga puncaknya berada pada elevasi 5,84. Pemilihan ketinggian 2,5 m ini dengan alasan agar melebihi kedalaman kritis ( $h_{cr}$ ). Dari debit dan lebar sungai yang telah diketahui maka dapat dihitung kedalaman kritis dengan rumus :

$$h_{kr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gB^2}} \dots\dots\dots(4)$$

Dari grafik dapat diketahui elevasi muka air. Pada lokasi dimana *groundsill* berada merupakan penampang kontrol. Pada bagian ini ketinggian muka air sebelum ada *groundsill* adalah 7,71. Sedangkan dengan adanya *groundsill* ambang lebar elevasi naik 8,00 sehingga ketinggian air di atas ambang adalah 2,16 m. Untuk *groundsill* ambang Ogee muka airnya berada pada elevasi 8,11 sehingga ketinggian air di atas ambang adalah 2,27 m. Dengan demikian, elevasi muka air oleh akibat *groundsill* ambang Ogee lebih tinggi daripada ambang lebar. Untuk titik-titik selanjutnya ke arah hulu juga demikian, tetapi dengan selisih yang semakin mengecil dan berakhir pada titik air balik yang sama yaitu pada stasioning 3195..

Jarak aliran balik atau panjang pembendungan juga dapat diketahui dari grafik. Bertemunya muka air sebelum dan sesudah ada *groundsill* yaitu pada stasioning 3195. diketahui di depan bahwa stasioning dimana *groundsill* berada adalah 2373. dengan demikian panjang pembendungan adalah 822 m.

Dalam perencanaan, sepanjang jarak aliran balik ini perlu ditinjau apakah terdapat obyek-obyek yang akan terganggu bila *groundsill* dipasang, seperti outlet drainase, bantaran banjir, lahan pertanian dan sebagainya.

## KESIMPULAN

### Kesimpulan

1. Pada ketinggian ambang yang sama, profil muka air balik (profil M1) yang diakibatkan oleh bangunan *groundsill* ambang Ogee lebih tinggi dibandingkan dengan ambang lebar.
2. Jarak aliran balik atau panjang pembendungan yang dipengaruhi oleh adanya bangunan *groundsill* tidak berbeda secara signifikan antara tipe ambang lebar dan tipe Ogee.
3. Profil muka air yang dihasilkan dari suatu sistem alur sungai sangat bergantung dari nilai debit masukan di hulu, pasang surut di hilir, serta keadaan tampang sungai, baik melintang maupun memanjang.
4. Pemilihan koefisien ambang (koefisien debit) mempengaruhi jalannya *running* software dan hasil hitungan profil muka air.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bernas, Section Groundsil Progo Diper- baiki  
Maret, [www.infomedia.com](http://www.infomedia.com), diakses  
tanggal 5 Mei 2008.
- Chow, V.T., 1992, Hidrolika Saluran  
Terbuka (Terjemahan), Erlangga,  
Jakarta
- Hydrologic Engineering Center, 2002, River  
Analysis System Hydraulic Reference,  
Davis, California.
- Rangaraju, K.G., 1986, Aliran Melalui  
Saluran Terbuka (Terjemahan),  
Erlangga, Jakarta
- P.T. Freeport Indonesia, Laporan Terbaru  
*Gabion Groundsill*, [http:// www.ptfi.co.id](http://www.ptfi.co.id)  
diakses pada 5 Mei 2008.
- P.T. Puser Bumi Consultant, 2007,  
Perencanaan Detail Desain Sungai Opak  
Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta,  
Laporan Proyek
- Sanidhya, N.P., 2004, Analisis Banjir Sungai  
Serang Berdasarkan Simulasi Aliran  
*Unsteady* dengan Menggunakan Software  
HEC-RAS Versi 3.1., Tugas Akhir, Jurusan  
Teknik Sipil UGM
- Sosrodarsono, S., Tominaga, M., 1985,  
Perbaikan dan Pengaturan Sungai,  
Pradnya Paramita, Jakarta

**LAMPIRAN**

